



TITLE:

Field Measurement and Analysis of Next-
Generation Optical Access Network with
Optical Amplifiers(Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

Tsutsumi, Takuya

CITATION:

Tsutsumi, Takuya. Field Measurement and Analysis of Next-Generation Optical Access Network with Optical Amplifiers. 京都大学, 2018, 博士(情報学)

ISSUE DATE:

2018-03-26

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k21216>

RIGHT:

許諾条件により本文は2019-03-09に公開

(続紙 1)

京都大学	博士（ 情報学）	氏名	堤 卓也
論文題目	Field Measurement and Analysis of Next-Generation Optical Access Network with Optical Amplifiers（光アンプを適用した次世代光アクセスネットワークのフィールド測定、及び解析）		
<p>（論文内容の要旨）</p> <p>FTTH（Fiber to the home）をはじめとする光アクセスネットワークは、SNSや動画配信、クラウドストレージなど様々なサービスを実現するためのネットワーク基盤となっている。しかしながらFTTHのトラヒックは下り方向で1年あたり50%の比率で急増し続けている。現在主流のアクセスネットワーク方式であるEPON（Ethernet passive optical network）は最大1 Gb/sの伝送速度を有するものの、急激なトラヒックの増加に対処するためには更なる広帯域化が急務となっている。</p> <p>そこでEPONの10倍の最大帯域を有する10G-EPON（10 Gb/s-EPON）の商用導入が各国の通信キャリアで検討されている。しかしながら10G-EPONの導入には非常に大きな導入コストが必要であり、EPON方式からのシステム移行を阻む原因となっている。そこで本論文では、10G-EPONに光アンプを適用した多分岐・長延化システムについて検討を行う。PONの多分岐化は親機1台あたりのユーザ収容数を増やすことで親機や光ファイバ条数を削減し、長延化は親機からの通信可能なユーザの距離を拡大することで通信局舎を削減して導入コストの低減を図ることができる。本論文では、多分岐・長延化10G-EPONによって実際のサービス環境を模したフィールド実験を行い、商用化の課題を抽出して、解決手段を予め検討することを主眼としている。</p> <p>本論文は次の7章から構成される。</p> <p>まず第1章では、アクセスネットワークの歴史的背景、研究の目的、学術的意義を概説する。</p> <p>続いて第2章では光伝送の原理や理論について述べる。具体的には10G-EPONの構成部品である光トランシーバや光アンプなどの物理的構成・種類・標準化規格について述べる。また多分岐化・長延化に必要な光バジェットの拡大の概念について光伝送損失の物理的起源を交えて詳述する。更に10G-EPONでは様々な要求品質のアクセスサービスが適用されることが想定されるが、特に高信頼性が要求されるサービス向けに有効なN:1冗長プロテクション、及びDBA（Dynamic bandwidth allocation）についての原理を述べる。</p> <p>第3章では、試作した多分岐・長延化10G-EPONシステムを実際の商用線路に適用し、伝送実験を行った結果について述べる。評価結果として、光アンプの動作解析や、親機側（上り受光信号）・ユーザ側（下り受光信号）それぞれにおける転送性能について網羅的に述べる。更にN:1冗長プロテクションによってサービス断なく冗長親機系への切り替えが可能であることを示す。</p> <p>第4章では第3章の伝送実験の結果をもとに、光アンプを適用した場合の10G-EPONの伝送距離解析手法を提案する。本解析手法では、光アンプからみた親局側とユーザ側の光分岐数をパラメータとし、伝送可能距離を2次元的にマッピングして可視化する。また、提案解析手法が実測結果と良好に一致することを示す。</p> <p>第5章では、光アクセスネットワークに対して光アンプを適用した場合に、光アンプ自身に対して生じる光過入力の問題を述べる。更にこの光過入力を抑制するために有効なAC-OA（Autonomous-Configurable Optical Amplifier）を提案する。AC-OAは、減衰した光信号を増幅再生する光増幅部と、光アンプへの光信号を最適値にするための可変光減衰器、減衰値を制御するコントローラ、及び最適な光減衰値を計算してコントローラへ計算値を引き渡す集中計算機、及び設備データベースからなる。ま</p>			

たAC-OAの過入力抑制効果をシミュレーションによって示す。

第6章では光アンプを適用した長延化PONをどのように配備すればコスト削減効果が最大化されるかについて、OALP (Optical amplifier layout problem) として定式化する。定式化においては、局舎削減率を最大化するような光アンプの配置方法を議論する。またケーススタディとして所与の光学特性を有する光アンプを適用した場合の最適な光アンプ配置について計算し、その局舎削減効果について議論する。

第7章では、第2章から第6章で得られた研究の知見を総括し、今後に必要な研究の展望、及び結論を述べる。

注) 論文内容の要旨と論文審査の結果の要旨は1頁を38字×36行で作成し、合わせて、3,000字を標準とすること。

論文内容の要旨を英語で記入する場合は、400～1,100 wordsで作成し
審査結果の要旨は日本語500～2,000字程度で作成すること。

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、莫大なトラヒック需要に応える光アクセスネットワークの実現に向け、10G-EPON (10 Gb/s- Ethernet passive optical network) を用いた低コスト光アクセスシステムの研究である。本研究では光アンプを適用した多分岐・長延化システムについて検討を行っている。本研究で得られた主な成果は以下の通りである。

1. 試作した多分岐・長延化10G-EPONシステムを実際の商用線路に適用し、伝送実験を行い、その評価結果を明らかにした。評価結果として、光アンプの動作解析や、親機側（上り受光信号）・ユーザ側（下り受光信号）それぞれにおける転送性能について網羅的に明らかにした。更にN:1冗長プロテクションによってサービス断なく冗長親機系への切り替えが可能であることを示した。
2. 上記伝送実験の結果をもとに、光アンプを適用した場合の10G-EPONの伝送距離解析手法を提案した。本解析手法では、光アンプからみた親局側とユーザ側の光分岐数をパラメータとし、伝送可能距離を2次元的にマッピングして可視化した。また、提案解析手法が実測結果と良好に一致することを示した。
3. 光アクセスネットワークに対して光アンプを適用した場合に、光アンプ自身に対して生じる光過入力の問題を明らかにした。次に、この光過入力を抑制するために有効なAC-OA (Autonomous-Configurable Optical Amplifier) を提案した。AC-OAは、減衰した光信号を増幅再生する光増幅部と、光アンプへの光信号を最適値にするための可変光減衰器、減衰値を制御するコントローラ、及び最適な光減衰値を計算してコントローラへ計算値を引き渡す集中計算機、及び設備データベースから構成される。またAC-OAの過入力抑制効果についてはシミュレーションによって定量的に明らかにした。
4. 光アンプを適用した長延化PONをどのように配備すればコスト削減効果が最大化されるかについて、OALP (Optical amplifier layout problem) として新たに定式化した。定式化においては、局舎削減率を最大化するような光アンプの配置方法の検討を行った。またケーススタディとして所与の光学特性を有する光アンプを適用した場合の最適な光アンプ配置について計算し、その局舎削減効果について明らかにした。

以上、本論文は次世代低コスト光アクセスネットワークに関する有用な新規手法を提案し、光ファイバ通信技術の発展に貢献するものである。本論文の内容は、学術上、実用上ともに寄与するところが少なくない。よって本論文は博士(情報学)の学位論文として価値あるものとして認める。

また平成30年2月14日に実施した論文内容とそれに関連した試問の結果、合格と認めた。

注) 論文審査の結果の要旨の結句には、学位論文の審査についての認定を明記すること。
更に、試問の結果の要旨（例えば「平成 年 月 日論文内容とそれに関連した口頭試問を行った結果合格と認めた。」）を付け加えること。

Webでの即日公開を希望しない場合は、以下に公開可能とする日付を記入すること。
要旨公開可能日： 年 月 日以降